

# Innovación docente en el EEES de cara a la práctica profesional a través del aprendizaje basado en proyectos

Guillermo L. Taboada, Juan Touriño y Ramón Doallo

Facultad de Informática

Universidade da Coruña

Campus de Elviña s/n, 15071 A Coruña

{taboada,juan,doallo}@udc.es

## Resumen

En este artículo se describe nuestra experiencia en la docencia de Arquitectura e Ingeniería de Computadores en el Máster en Informática de la Universidade da Coruña, en la cual concurrían las circunstancias de titulación EEES de nueva implantación y un número reducido de alumnos. La orientación profesionalizante del máster nos motivó a explorar en innovación docente de cara a la práctica profesional, fundamentalmente a través de metodologías de aprendizaje basado en proyectos (project-based learning) combinado con las acciones de: (1) sustitución de docencia teórica por trabajos académicamente dirigidos; (2) impartición de seminarios profesionales; (3) uso de técnicas de *role playing*; y (4) desarrollo de habilidades comunicativas. La valoración global es que esta metodología y sus acciones asociadas han resultado tremendamente positivas en la docencia de la materia.

## 1. Introducción

Un aspecto importante en la adaptación al EEES es el cambio de modelos educativos basados en la enseñanza a modelos basados en el aprendizaje. Es preciso que los futuros profesionales adquieran la capacidad de aprender a aprender, con el objeto de afrontar los múltiples retos a los que se deberán enfrentar en un futuro inmediato, además de adaptarse a nuevos y cambiantes modelos de negocio. Por ello, se muestra imperativa la aplicación de métodos docentes que giren en torno al estudiante (aprendizaje) en lugar del profesor (enseñanza).

Aunque son numerosas las iniciativas puestas en marcha en relación a la renovación de metodologías educativas y su adaptación al EEES, muchas de ellas siguen sin transferir el rol de actor principal del modelo del docente al discente. En efecto, en no pocas ocasiones el papel del profesor se ha intensificado:

se implementan nuevos y más frecuentes métodos de evaluación, se desarrollan materiales docentes para su incorporación a plataformas de teleformación, y se tutorizan trabajos en grupo. A cambio, tanto el docente como el estudiante tienen la percepción de que su esfuerzo es mucho mayor, pero que los resultados no se incrementan en la misma medida. En estas circunstancias las posiciones son contrapuestas: el profesor demanda grupos de alumnos más reducidos para implementar las nuevas metodologías docentes de una forma más plena mientras que el colectivo estudiantil en ocasiones llega a añorar las metodologías pre-EEES.

Conocedores de primera mano de experiencias tipo en adaptación de materias al EEES, consideramos que lo crucial es ubicar al alumno en el centro del proceso educativo y que los docentes actuemos como catalizadores de su proceso de aprendizaje. Para ello, en el marco de la docencia de Arquitectura e Ingeniería de Computadores en el Máster en Informática [9] de la Universidade da Coruña, materia anual obligatoria de 7 créditos ECTS, hemos implantado una serie de nuevas metodologías docentes.

La primera medida ha consistido en reducir sustancialmente la docencia por medio de clases magistrales, restringiéndola a los primeros temas que proporcionan una base teórica de la materia. Una vez se han presentado dichos fundamentos teóricos, se procedió a encargar a cada alumno un trabajo académico sobre arquitecturas y procesadores comerciales, lo cual permite al alumno afianzar los conocimientos previos, a la vez que conectarlos con tecnologías presentes en el mercado. Posteriormente se plantea el desarrollo de un proyecto que será el hilo conductor del aprendizaje. Con el fin de obligar a los alumnos a un cambio de mentalidad en el desarrollo de este proyecto, se han seguido técnicas de *role playing*. Así, cada alumno es convertido en *profesional* de una empresa en la cual ha de desarrollar el proyecto, mientras que el profesor actúa como *cliente*.

Una vez establecidas las reglas de trabajo, los alumnos se ven inmersos en una actividad profesional en la cual pueden aplicar los contenidos de la materia. Sin embargo, son numerosas las dificultades que han de afrontar, muchas de ellas transversales a los estudios de informática, mientras que otras los exceden, siendo propias de toda actividad socio-económica, como por ejemplo las habilidades comunicativas.

El desarrollo de estas actividades ha supuesto un reto, en particular para los estudiantes, los cuales se enfrentaban por primera vez a varias de ellas. Además, se ha conseguido un esfuerzo orientado de los estudiantes que les ha llevado a superar la materia con una dedicación acorde a la carga de 7 créditos ECTS. Finalmente, se ha de indicar que las actividades desarrolladas han permitido trabajar de forma personalizada con cada alumno, facilitándoles el desarrollo de una serie de habilidades de gran interés de cara a su futuro profesional. Esto ha sido posible ya que el esfuerzo docente se ha transferido desde actividades como preparación de materiales y evaluación de pruebas hacia la canalización de un modo presencial de la actividad de los alumnos.

El presente artículo está organizado en cuatro secciones: (1) introducción al artículo; (2) presentación de metodologías docentes enfocadas a la práctica profesional, en particular el aprendizaje basado en proyectos; (3) aplicación de dichas metodologías en un máster adaptado al EEES; y (4) discusión de las principales aportaciones y conclusiones de este proyecto docente.

## 2. Metodologías docentes en torno al estudiante

La convergencia de la Universidad Española cara el EEES ha motivado numerosos desafíos que se han materializado en importantes esfuerzos y proyectos que no siempre parecen conducir a una mejora efectiva del proceso educativo. Una vez que se ha definido el marco legislativo y normativo, no sin esfuerzo y controversia, es momento de proceder a la adaptación de los métodos de enseñanza. No obstante, la oportunidad de mejorar que supone el cambio no siempre se aprovecha ya que no tenemos excesivamente claro hacia dónde vamos. Es la implementación de los conceptos teóricos lo que parece presentar más dificultades, especialmente si el proceso de

convergencia se realiza en base a un mayor esfuerzo de los efectivos de nuestras universidades.

Si hacemos un repaso por los principios fundamentales que articulan el EEES nos encontramos con que la adaptación curricular basada en contenidos y competencias es el eje principal. Así, se promueve la adquisición de habilidades en lugar de la adquisición de conocimientos, el aprendizaje a lo largo de la vida, el aprender a aprender, el reconocimiento de destrezas profesionales, y la movilidad. Todo ello está fuertemente dirigido a dar respuesta a las necesidades laborales que existen en la sociedad. Aún a riesgo de polemizar, es preciso destacar que la Europa del conocimiento busca situar a la Universidad como motor económico de la sociedad, a través de la innovación y la formación que proporciona, permitiendo la mejora de las condiciones de la sociedad. No obstante, muchas críticas a este modelo se centran en que el proceso de convergencia al EEES es visto como el desmantelamiento de la institución universitaria para convertirla en una academia de formación de empleados cualificados para las grandes multinacionales.

Resulta innegable el rol clave como creadora de conocimiento que juega la Universidad en la sociedad actual. Y este conocimiento ha de ser transmitido a la sociedad a través de la educación universitaria. El proceso de convergencia al EEES demanda cambios no sólo estructurales, sino también curriculares, con lo que parte de nuestra labor es la adaptación de los materiales de trabajo para reflejar los nuevos principios. Así, en un ámbito, el de las tecnologías de la información, en el que la actualización constante es clave, hemos puesto un énfasis especial en la adquisición de destrezas por parte de nuestros alumnos. Y para tal fin hemos aplicado métodos docentes centrados en el estudiante (aprendizaje), sustituyendo los basados en el profesor (enseñanza), además de formar en técnicas y conocimientos enfocados a la práctica profesional, algo de trascendental importancia en el nivel que nos ocupa, el de un máster con un perfil profesionalizante (no investigador).

Son numerosas las iniciativas puestas en marcha con el fin de renovar las metodologías docentes para su adaptación al EEES, pero muchas de ellas pivotan en torno a nuevos métodos de evaluación, el trabajo en grupo y el desarrollo de materiales docentes para su incorporación a plataformas de teleforma-

ción. Estas metodologías se caracterizan por incrementar el esfuerzo de los docentes, especialmente en las fases de preparación de materiales y evaluación de pruebas. Además, suelen ser los únicos recursos implementables en la docencia de grupos grandes, con lo que son los preferidos por parte de los responsables de la gestión de las universidades. De hecho, el prácticamente nulo apoyo institucional en forma de recursos e incentivos conduce a que estas iniciativas recaigan en gran medida sobre el voluntarismo del profesorado, al que previamente se le ha inculcado que ha de armar el hombro para llevar a buen puerto el proceso de convergencia al EEES.

Por otra parte, la situación actual de los estudiantes es que ahora afrontan numerosas pruebas de evaluación y ven sustituidas las clases magistrales por numerosos trabajos grupales que en muchas ocasiones no son más que meras recopilaciones bibliográficas supervisadas por el profesor. Además, parte de las horas de clase se han transformado en consultas a plataformas de teleformación. Está claro que los medios, tales como el uso de las TICs, el desarrollo de trabajos, y la evaluación continua, se están convirtiendo en ocasiones en las metodologías nucleares del EEES.

No obstante, en las titulaciones de informática (Ingeniería e Ingenierías Técnicas) tradicionalmente las prácticas de laboratorio asociadas a las distintas asignaturas constituyen una parte muy importante de la docencia, presentando numerosas ventajas para el proceso de adaptación al EEES: (1) facilitan el desarrollo de destrezas; (2) favorecen la adquisición y fijación de conocimientos propios de las titulaciones; (3) propician la adquisición de competencias; (4) permiten desarrollar habilidades técnicas; (5) incentivan las habilidades de comunicación; y (6) son una primera aproximación genérica a la práctica profesional. Además, las prácticas ya venían presentando problemas con los que ahora se están topando en otras titulaciones, como son: (1) necesidad de mayores recursos humanos y materiales; (2) más dedicación por parte del profesor y el estudiante; y (3) dificultades de coordinación, tanto entre materias de una titulación como en relación al entorno socio-económico.

Así pues, en el contexto anteriormente descrito, es cuando se procede a la implantación de nuevas titulaciones adaptadas al EEES y cuando decidimos aplicar nuevas metodologías docentes, bus-

cando que sean más activas y motivadoras, además de que tengan una componente muy importante de acercamiento de la etapa formativa a la realidad profesional. Además, consideramos crucial la adquisición de otras capacidades aparte de las directamente vinculadas al conocimiento científico/técnico de la profesión, tales como son habilidades comunicativas, utilización de otras lenguas europeas, o la realización de presentaciones públicas. Estos objetivos son acordes con lo demandado por el EEES, con los perfiles de egresados demandados por el entorno socio-económico, y con las expectativas de los alumnos. Además, nos hemos decantado por el aprendizaje basado en problemas o *Problem-Based Learning* (PBL) como metodología nuclear del proceso educativo, presentado sus principios a continuación.

## 2.1. Metodología project-based learning

El aprendizaje basado en problemas o *Project-Based Learning* (PBL) [4] [5] [7] busca que los estudiantes presenten un rol más activo en el aprendizaje. Así, en PBL el profesor presenta un problema, generalmente acompañado de una serie de estímulos para que el alumno tome partido de la forma más activa posible, para a continuación identificar las necesidades de aprendizaje, y proceder a la solución del problema, lo que va a implicar la adquisición de las oportunas destrezas y capacidades. En PBL es tan importante el desarrollo de determinadas actitudes y habilidades, como la adquisición de los propios conocimientos. Esta metodología ha sido aplicada con notable éxito en la enseñanza de diversas titulaciones, también en las de informática [1] [2] [6].

Así, en una de las primeras experiencias exitosas de PBL en España [2] se recopilan los principales características de PBL, enfatizando el aprendizaje a través de la resolución de problemas:

- Los alumnos son los únicos responsables de su propio aprendizaje.
- El problema planteado ha de ser intencionadamente poco estructurado y permitir interpretaciones libres.
- La resolución del problema ha de suponer un estímulo para el estudiante, procurando implicarlo en dicha tarea.
- El profesor no se trata de un experto en el campo, sino más bien de un catalizador del proceso educativo.

- El aprendizaje no debe centrarse en un nicho de conocimiento, sino más bien en una serie de temáticas.
- El problema requiere una fase previa de estudio/aprendizaje autónomo que habilite para la resolución del problema práctico propuesto.
- Es necesario sintetizar lo trabajado antes de proceder a su evaluación.
- Ha de haber una evaluación y autoevaluación justo al término de cada problema.
- La evaluación es individual.
- Las actividades han de ser sacadas del contexto que rodea al estudiantes (de la vida “real”), además de permitirle trabajar valores apreciados en la práctica profesional.
- La cooperación y la autonomía son claves para el desarrollo de proyectos en grupo.
- El trabajo debe girar en torno al PBL, y no que éste constituya una parte anecdótica del currículum formativo.

Características diferenciadores del PBL con respecto a otras metodologías son que los alumnos deben asumir una mayor libertad de acción y por tanto mayor responsabilidad, a la vez que permite desarrollar más eficazmente cualidades profesionales altamente demandadas: capacidad de aprendizaje continuo, autonomía, espíritu crítico y capacidades comunicativas y organizativas. No obstante, existe un riesgo importante, y es que el desconocimiento de este tipo de metodologías las hacen muy dependientes de la preparación y experiencia del profesor-tutor. Es por ello por lo que pasamos a relatar nuestra experiencia en la aplicación del PBL en el máster en Informática de la Universidade da Coruña. Este proyecto surgió a raíz de la formación recibida en un programa de formación en nuevas metodologías docentes en nuestra universidad, así como del planteamiento de un contrato-programa para su implantación en un máster EEES. No obstante, la experiencia adquirida nos ha permitido ir madurando en la aplicación del PBL.

### 3. Implantación de nuevas metodologías en un máster EEES en Informática

A continuación se procede a presentar nuestra experiencia en la implantación del PBL en el marco de la docencia de Arquitectura e Ingeniería de

Computadores (materia anual obligatoria de 7 créditos ECTS) en el Máster en Informática [9] de la Universidade da Coruña. Este máster se implantó en el curso 2006/2007, tratándose básicamente de una adaptación al EEES del segundo ciclo de la titulación de Ingeniería Informática. Además, se trata del primer título adaptado al EEES que se ofertó en el ámbito de la Informática en la Comunidad Autónoma de Galicia. No obstante, la inseguridad del valor que el mercado de trabajo otorgaría al título de máster en Informática provocó que su demanda no fuese muy elevada. En efecto, su matrícula ha rondado los diez alumnos matriculados en cada curso desde su implantación. Además, la no necesidad de estar en posesión de titulación universitaria oficial para cursarlo, al contrario que el segundo ciclo de la Ingeniería Informática, causó que el perfil mayoritario de los alumnos fuese el de Ingeniero Técnico en Informática a falta de proyecto fin de carrera. Por tanto, el grupo de estudiantes con el que se trabajó es reducido y presenta un perfil homogéneo, además de presentar una importante orientación de cara al mercado laboral (en efecto muchos de ellos o estaban trabajando o tenían experiencia laboral previa en el ámbito TIC).

El desarrollo de la docencia en la materia de Arquitectura e Ingeniería de Computadores ha presentado la siguiente estructura durante los cursos que se han impartido desde su implantación, desde el curso 2006/2007 hasta la actualidad (3 cursos completos más el actual):

- Reducción sustancial de la docencia a través de clases magistrales, pasando de 75 horas en la asignatura homóloga en Ingeniería Informática, a 30 horas en las cuales se presentan los fundamentos de la computación paralela, de las arquitecturas y paradigmas de programación, así como el paralelismo a nivel de instrucción.
- Como complemento a este tema teórico se realizan dos prácticas de introducción a la programación paralela con una biblioteca de paso de mensajes.
- Adicionalmente se les encarga a los alumnos la realización de dos trabajos académicos sobre arquitecturas y procesadores comerciales (GPUs, procesador Cell de la PlayStation 3, o arquitecturas de los supercomputadores presentes en el TOP500 [8]), lo cual permite al

alumno afianzar los conocimientos previos, a la vez que conectarlos con tecnologías presentes en el mercado.

- Una vez se cuenta con una cierta base de conocimientos de la materia se procede a la presentación de un proyecto sobre clúster computing, cuya realización constituye en sí el hilo conductor del resto de trabajo de la asignatura (aproximadamente dos tercios del trabajo del alumno es PBL).

### 3.1. Desarrollo del PBL

El desarrollo del aprendizaje basado en problemas puede ser difícil, ya que el alumno se constituye en actor principal de su propio proceso de aprendizaje mientras que el profesor ejerce el papel de dirección del proceso de enseñanza-aprendizaje. La batuta del profesor resulta incluso más determinante en este tipo de metodologías que en el recurso a las clases magistrales.

La primera sesión de trabajo consistió en presentar el nuevo marco docente en el que se iba a desarrollar el trabajo en la asignatura. Era pues necesario hacer uso de técnicas de *role playing* ya que los alumnos, acostumbrados a una enseñanza más tradicional, tenían que cambiar de mentalidad para trabajar bajo esta nueva metodología docente. Así, cada alumno es convertido en *profesional* de una empresa en la cual ha de desarrollar el proyecto, mientras que el profesor actúa como *cliente*. A los alumnos se le presentaron los siguientes argumentos:

- El trabajo en esta materia coloca al estudiante en el centro de la dinámica de trabajo.
- No se trata de un experimento con metodologías docentes.
- Sí se trata de trabajar para adquirir competencias y destrezas de cara al desarrollo de la profesión.

Entre las competencias a desarrollar en la materia de Arquitectura e Ingeniería de Computadores, las cuales se enmarcan entre las competencias específicas, transversales y nucleares de la titulación de Ingeniería Informática en la Universidade da Coruña, se encuentran:

- Conocer el estado del arte en la tecnología de microprocesadores y multiprocesadores.

- Saber discriminar en la elección de equipos informáticos en base a parámetros de rendimiento.
- Ser capaz de comprender y manejar bibliografía de la asignatura de forma autónoma.
- Ser capaz de trabajar en equipo.
- Saber elaborar un proyecto de equipamiento informático de forma autónoma, además de su presentación efectiva ante un grupo.

Estas competencias están especificadas en la guía docente de la asignatura, cumpliéndose con el cometido de trabajar en el desarrollo de dichas competencias.

Además, gracias al *role playing*, se produjo un cambio en las denominaciones: ya no se habla de prácticas, sino que de **proyectos**, y ya no se trabaja entre estudiantes, sino entre **profesionales de la Informática**. Para que el rol sea completo cada alumno se constituye en consultor de sistemas, definiendo su empresa y su papel en ella. Además, han de crear el nombre de la empresa, imagen corporativa (logo) e indicar su estatus jurídico. En este último punto resultó llamativo que parte de los alumnos desconociesen conceptos como CIF o asiento registral.

#### 3.1.1. Proyecto 1: oferta a concurso público

A continuación se le planteó a los estudiantes un proyecto consistente en presentar una oferta a un concurso público. Para ello se les proporcionó un pliego “real” al cual tenían que presentar una oferta. El concurso “real” estaba próximo a la fecha en que se realizaba este proyecto, habiéndose seleccionado:

- Provisión de un clúster para el Centro de Supercomputación de Galicia (curso 2006/2007)
- Provisión de un clúster para el Instituto de Física Corpuscular de la Universidad de Valencia (curso 2007/2008)
- Implantación completa del Centro de Supercomputación de Castilla y León (curso 2008/2009)

La única información que se le proporcionaba a los alumnos era el pliego, teniéndose que enfrentar a la elaboración de dicha propuesta a partir de ese momento.

Durante el desarrollo del PBL, el profesor actuó como canalizador de información, y se impartió un

seminario de conceptos básicos de clúster computing para facilitar la asimilación de conceptos. Además, se realizaban reuniones semanales para discutir sobre aspectos de las distintas propuestas. El día de entrega de los pliegos, las distintas “empresas” participantes (cada alumno presentaba una propuesta en nombre de su empresa) presentaban tres sobres, un sobre A con un resumen de la propuesta en una página, un sobre B con la propuesta completa, y finalmente un sobre C con el coste real que la empresa tenía que incurrir para llevar a cabo dicho proyecto. En este sobre C los alumnos incluyen el coste del material, a qué proveedores recurren, y el margen de beneficio que esperan obtener.

Una vez entregadas las distintas propuestas se procedía a la apertura pública de las plicas, en la cual todos los participantes conocían el alcance de las propuestas de la competencia. La selección de propuestas corre a cargo del profesor, el cual se basa en la calidad de la memoria presentada en el sobre B, además de fijarse en el precio ofertado. Finalmente, las propuestas son puntuadas, seleccionando aquella que presenta mayor puntuación, que será la que gane el concurso. En cuanto a la calificación que se otorga, ésta va a ser directamente proporcional al margen de beneficio que las distintas empresas pretendían obtener, tal y como ocurre en la vida real. Así, una empresa que gana un concurso porque ajusta mucho los márgenes, o incluso pierde dinero, sería merecedora de una nota baja, mientras que una que consigue ganar un concurso con unos márgenes importantes es calificada con una nota alta.

Este proyecto ha sido de gran interés para los alumnos, permitiéndoles presentar soluciones en muchos casos novedosas con una cierta dosis de imaginación. No obstante, se suelen quejar por el volumen de trabajo que les supone, y por enfrentarse a un problema sin apenas conocimiento del dominio. Una prueba de la utilidad de este proyecto es que parte de los alumnos desconocían cómo calcular el IVA e incluso hacían estimaciones alejadas de la realidad en un ámbito empresarial (por ejemplo, facturar 10 Euros por hora de trabajo de un ingeniero en informática o pretender unos márgenes del 2 por ciento). Esto indica una debilidad en el plan de estudios del máster o la formación previa de los alumnos, que con la incorporación obligatoria de conocimientos de Empresa en los nuevos títulos de grado se espera subsanar.

### 3.1.2. Proyecto 2: presentación comercial

Un segundo proyecto consiste en la presentación de una oferta de un clúster a una empresa de animación de películas, para su utilización como granja de renderizado. En este caso se sugiere que la solución propuesta se base en la presentada al concurso público, adaptando el proyecto al nuevo cliente, algo que suele ocurrir con frecuencia en el ámbito empresarial. Como la propuesta se realiza en las oficinas del cliente, los alumnos han de preparar una breve exposición de 10 minutos en la que tienen que sintetizar los beneficios que aporta su propuesta en el mercado de las granjas de rénder. Debido a que la compañía es extranjera la presentación tenía que ser realizada en inglés. La preparación de una presentación en inglés es una de las actividades que mostró mayores problemas para su implementación, aunque finalmente todos los estudiantes la realizaron y su valoración resultó altamente positiva, aunque casi todos admitieron que les había costado bastante su preparación.

### 3.1.3. Proyecto 3: la “clúster party”

El tercer y último proyecto consiste en la instalación de un clúster con un determinado servicio. Así, los alumnos instalaron clusters que servían de servidores web con balanceo de carga y tolerancia a fallos, o bien clusters para computación de altas prestaciones, configurando las bibliotecas para la ejecución de programas en paralelo. Esta actividad ha sido de gran interés y motivación para los alumnos, a la cual denominan la “clúster party”. Además, este tipo de seminarios profesionales representan una oferta formativa muy difícil de encontrar en el mercado (seminarios de administración de clusters linux y configuración de servicios en red). Una vez realizada esta actividad los alumnos presentaron sus experiencias en la instalación y configuración de clusters en el marco de un ciclo de conferencias en la Facultad de Informática.

### 3.1.4. Actividades complementarias

En torno a los tres proyectos desarrollados se realizaron adicionalmente otras actividades, como el editar páginas de la wikipedia en el ámbito del clúster computing, para que los alumnos contribuyesen con sus conocimientos. La edición de una wiki ha sido una actividad que ha despertado bastante inte-

Actividad	Esfuerzo del profesor	Trabajo presencial del alumno	Trabajo no presencial del alumno
Fundamentos teóricos	60	30	30
Proyecto 1: oferta a concurso público	15	6	60
Proyecto 2: presentación comercial	4	4	12
Proyecto 3: “clúster party”	30	10	0
Actividades complementarias (trabajos, visitas)	20	10	10

Cuadro 1: Estimación del esfuerzo requerido por actividad desarrollada en la asignatura (en horas)

rés, especialmente por el hecho de aplicar los conocimientos adquiridos. Esta actividad estaba también conectada con las anteriores ya que las páginas editadas documentaban las configuración de clusters o presentaban descripciones de tecnologías empleadas en las proyectos propuestos.

Otras actividades realizadas han sido la asistencia a conferencias relacionadas con la materia, o la visita en el curso 2008/2009 al centro de supercomputación de Galicia (CESGA) [3]. En dicha visita ejerció de guía un egresado de la primera promoción del máster en Informática que actualmente trabaja en dicho centro. Constituye una buena prueba del éxito de la orientación profesional realizada en esta materia que un egresado que obtuvo una calificación de Matrícula de Honor en la materia haya comenzado su carrera profesional en el ámbito del trabajo en el que hemos aplicado esta nueva metodología.

Finalmente, conviene destacar que la implantación de esta metodología no incrementó sustancialmente el esfuerzo del profesorado, aunque ello puede estar motivado por el reducido número de alumnos. En este sentido indicar que salvo la actividad de la “clúster party” el resto de proyectos desarrollados son aplicables a un mayor número de alumnos sin que por ello se incremente en la misma medida el esfuerzo docente (son actividades escalables). En el caso de la “clúster party” las restricciones no son sólo temporales, sino de equipamiento hardware disponible. Ello obligaría a trabajar con un reducido número de alumnos. Además, esta actividad tenía una duración de 8-12 horas, a desarrollar preferiblemente a lo largo de un día (de 8:30 a 21:30). El aplicar este tipo de proyectos a un elevado número de alumnos requeriría un esfuerzo docente muy superior (esta actividad es poco escalable). El Cuadro 1 presenta una estimación del esfuerzo requerido por las distintas actividades, observándose que el

esfuerzo docente se hace más efectivo al orientarse a la resolución de dudas en el desarrollo de los proyectos. Además, el esfuerzo en horas del profesor no se ha visto incrementado, manteniéndose en torno a las 130 horas (presenciales más no presenciales). No obstante, la sustitución de docencia expositiva por una serie de actividades resultó altamente satisfactoria para los docentes, especialmente la orientación hacia el apoyo al trabajo personal de los alumnos.

#### 4. Conclusiones

En este artículo se han presentado nuestras experiencias docentes en innovación educativa en el ámbito de la introducción de la práctica profesional a alumnos de un máster EEES en Informática. El principal aspecto que se ha evaluado es la utilización de metodologías de aprendizaje basado en proyectos (project-based learning) conjuntamente con: (1) sustitución de docencia teórica por trabajos académicamente dirigidos; (2) impartición de seminarios profesionales; (3) uso de técnicas de *role playing*; y (4) desarrollo de habilidades comunicativas. La valoración global es que estas acciones han resultado tremendamente positivas en la docencia de la materia. Además, su aplicación no ha supuesto una sobrecarga excesiva de trabajo para los docentes, siendo aplicable a un número significativo de alumnos salvo en el caso del desarrollo del proyecto de instalación y configuración de un clúster. Destacar también que se ha procurado subsanar la debilidad de orientación cara la empresa que presentan los actuales planes de estudios.

Finalmente, indicar que todos los alumnos que realizaron estas actividades superaron la materia, siendo la calificación media el Notable. Las encuestas realizadas a los alumnos muestran que creen que la metodología de aprendizaje basado en proyectos

es muy provechosa, pero que supone un esfuerzo muy significativo. Su principal sugerencia es que esta metodología se debería generalizar, pero no realizarla de forma simultánea en todas las asignaturas. Debido a ello sugieren una mayor coordinación entre asignaturas y unos horarios más flexibles, a la vez que un menor número de materias. Nuestra propuesta es que habría que apostar por el desarrollo de PBL multidisciplinares entre varias asignaturas relacionadas (por ejemplo Arquitectura e Ingeniería de Computadores, Redes y Compiladores). Asimismo, la percepción general de los estudiantes es que han trabajado una serie de aspectos que les serán de gran utilidad en su carrera profesional.

## Referencias

- [1] M. Barg, K. Crawford, A. Fekete, T. Greening, O. Hollands, J. Kay, and J. Kingston. Problem-Based Learning for Foundation Computer Science courses. *Computer Science Education*, 10:1–20, 2000.
- [2] C. Catalán, R. Lacuesta, and A. Hernández. Cambio de Modelos Basados en la Enseñanza a Modelos Basados en el Aprendizaje: una Experiencia Práctica. In *Actas I Simposio Nacional de Docencia en Informática (SINDI'05)*, pages 61–67, Granada, 2005.
- [3] Centro de Supercomputación de Galicia (CESGA). <http://www.cesga.es> (Last visit: April 2010).
- [4] P. Dart, L. Johnston, and C. Schmidt. Enhancing Project-Based Learning: Variations on Mentoring. In *Proc. Australian Software Engineering Conference (ASWEC'96)*, pages 112–117, Melbourne, Australia., 1996.
- [5] G. Solomon. Project-Based Learning: a Primer. *Technology and Learning*, 23(6):20–30, 2003.
- [6] A. Striege and D.T. Rover. Problem-Based learning in an Introductory Computer Engineering Course. In *Proc. 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference (FEC'02)*, Boston (USA), 2002.
- [7] J.W. Thomas. A Review of Research on Project-Based Learning. *The Autodesk Foundation*, pages 1–46, 2000. Available at [http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL\\_Research.pdf](http://www.bobpearlman.org/BestPractices/PBL_Research.pdf) (Last visit: April 2010).
- [8] TOP500. Lista de los 500 supercomputadores con mayor potencia computacional. <http://www.top500.org> (Last visit: April 2010).
- [9] Universidade da Coruña. Estructura del Plan de Estudios del Máster en Informática. <http://www.udc.es/estudos/ga/psoposgrao/idi divulgacion/2008/informatica.pdf> (Last visit: April 2010).